



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 9 月 2 6 日
Date of Application:

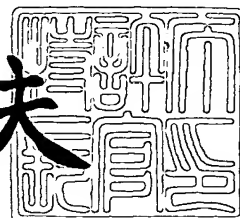
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 8 1 5 7 2
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 2 8 1 5 7 2]

出 願 人 株 式 会 社 東 芝
Applicant(s):

2 0 0 3 年 7 月 1 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 13558701

【提出日】 平成14年 9月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00
G01B 11/00
G01B 15/00

【発明の名称】 パターン計測方法、このパターン計測方法を用いる半導体装置の製造方法、プログラムおよびコンピュータ読み取り可能な記録媒体、並びにパターン計測装置

【請求項の数】 27

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
横浜事業所内

【氏名】 三 井 正

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号

【氏名又は名称】 株式会社 東 芝

【代理人】

【識別番号】 100075812

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉 武 賢 次

【選任した代理人】

【識別番号】 100088889

【弁理士】

【氏名又は名称】 橘 谷 英 俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100082991

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 泰 和

【選任した代理人】

【識別番号】 100096921

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉 元 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100103263

【弁理士】

【氏名又は名称】 川 崎 康

【選任した代理人】

【識別番号】 100108785

【弁理士】

【氏名又は名称】 箱 崎 幸 雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 087654

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 パターン計測方法、このパターン計測方法を用いる半導体装置の製造方法、プログラムおよびコンピュータ読み取り可能な記録媒体、並びにパターン計測装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

画像データを含む複数のパターンの図形データを取得するデータ取得手順と、
前記図形データを処理して前記パターンの輪郭点の座標を検出する輪郭点検出手順と、

前記パターン同士で輪郭点对を組み合わせ、各輪郭点对を構成する前記輪郭点間の距離と、前記輪郭点同士を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを各輪郭点对について算出し、算出された前記輪郭点对の前記距離と前記角度との分布図である距離角度分布図を作成する距離角度分布図作成手順と、

作成された前記距離角度分布図に基づいて、前記パターン間での形状の関係、前記パターン間でのサイズの関係および前記パターン間の相対的位置関係の少なくとも一つを評価する評価手順と、
を備えるパターン計測方法。

【請求項 2】

前記評価手順は、前記距離角度分布図の特徴点を抽出する特徴点抽出手順を含み、

前記パターン間での形状の関係、前記パターン間でのサイズの関係および前記パターン間の相対的位置関係の少なくとも一つは、抽出された前記特徴点に基づいて評価されることを特徴とする請求項 1 に記載のパターン計測方法。

【請求項 3】

前記評価手順は、前記パターン間での形状の関係、前記パターン間でのサイズの関係および前記パターン間の相対的位置関係の少なくとも一つを表現する量として、前記パターンの特定部分間の寸法を算出する手順を含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のパターン計測方法。

【請求項 4】

前記複数のパターンは、計測対象パターンと、この計測対象パターンの評価基準となる基準パターンとを含み、

前記距離角度分布図作成手順は、それぞれが共通の基準パターンを含む複数のパターンで一組が構成される複数組のパターンについて前記距離角度分布図を各組毎に作成する手順を含み、

前記評価手順は、作成された複数の前記距離角度分布図から抽出された前記特徴点に基づいて、各組における前記基準パターンと前記計測対象パターンとの形状の関係、各組における前記基準パターンと前記計測対象パターンとのサイズの関係および各組における前記基準パターンと前記計測対象パターンとの相対的位置関係の少なくとも 1 つを評価する手順を含むことを特徴とする請求項 2 に記載のパターン計測方法。

【請求項 5】

前記複数のパターンは、計測対象パターンと、この計測対象パターンの評価基準となる基準パターンとを含み、

前記距離角度分布図作成手順は、それぞれが共通の基準パターンを含む複数のパターンで一組が構成される複数組のパターンについて前記距離角度分布図を各組毎に作成する手順であり、

前記評価手順は、作成された前記距離角度分布図における分布領域同士で演算処理を行なうことにより前記距離角度分布図の特徴量を算出し、算出された前記特徴量に基づいて、各組における前記基準パターンと前記計測対象パターンとの形状の関係、各組における前記基準パターンと前記計測対象パターンとのサイズの関係および各組における前記基準パターンと前記計測対象パターンとの相対的位置関係の少なくとも 1 つを評価する手順を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のパターン計測方法。

【請求項 6】

画像データを含む複数のパターンの図形データを取得するデータ取得手順と、
前記図形データを処理して前記パターンの輪郭点の座標を検出する輪郭点検出手順と、

前記パターンの前記輪郭点同士で輪郭点对を組み合わせ、各輪郭点对を構成す

る前記輪郭点間の距離と、前記輪郭点同士を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを各輪郭点对について算出し、算出された前記輪郭点对の前記距離と前記角度との分布図である距離角度分布図を前記パターンごとに作成する距離角度分布図作成手順と、

前記距離角度分布図の特徴点をそれぞれ抽出し、抽出された前記特徴点に基づいて、前記パターン間での形状の関係、前記パターン間でのサイズの関係および前記パターン間の相対的位置関係の少なくとも一つを評価する評価手順と、を備えるパターン計測方法。

【請求項 7】

画像データを含む複数のパターンの図形データを取得するデータ取得手順と、前記図形データを処理して前記パターンの輪郭点の座標を検出する輪郭点検出手順と、

前記パターンの前記輪郭点同士で輪郭点对を組み合わせ、各輪郭点对を構成する前記輪郭点間の距離と、前記輪郭点同士を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを各輪郭点对について算出し、算出された前記輪郭点对の前記距離と前記角度との分布図である距離角度分布図を前記パターンごとに作成する距離角度分布図作成手順と、

各距離角度分布図の特徴量を算出し、算出された前記特徴量に基づいて、前記パターン間での形状の関係、前記パターン間でのサイズの関係および前記パターン間の相対的位置関係の少なくとも一つを評価する評価手順と、を備えるパターン計測方法。

【請求項 8】

前記複数のパターンは、計測の対象となる計測対象パターンを含み、前記計測対象パターンの評価基準となる基準パターンを前記複数のパターンから選択して設定する基準パターン設定手順をさらに備える請求項 1 乃至 3、6 および 7 のいずれかに記載のパターン計測方法。

【請求項 9】

前記画像データは、良品のパターンについて得られた画像データを含み、前記良品のパターンが前記基準パターンとして設定される請求項 8 に記載のパ

ターン計測方法。

【請求項 1 0】

前記複数のパターンは、計測対象パターンと、この計測対象パターンの評価基準となる基準パターンとを含み、

前記基準パターンの図形データは、前記計測対象パターンの図形データの取得に先立って予め作成されたデータである、請求項 1 乃至 3、6 および 7 のいずれかに記載のパターン計測方法。

【請求項 1 1】

前記評価手順は、前記パターン間での形状の関係として、前記パターン間での形状の差異を表現する量を前記特徴点または前記特徴量に基づいて算出する手順を含むことを特徴とする請求項 2 乃至 1 0 のいずれかに記載のパターン計測方法。

【請求項 1 2】

前記基準パターンの図形データは、C A D データまたはシミュレーション計算結果のデータである請求項 4 乃至 7、1 0 および 1 1 のいずれかに記載のパターン計測方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 乃至 1 2 のいずれかに記載のパターン計測方法を用いる半導体装置の製造方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 乃至 1 2 のいずれかに記載のパターン計測方法をコンピュータに実行させるプログラム。

【請求項 1 5】

請求項 1 乃至 1 2 のいずれかに記載のパターン計測方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 1 6】

画像データを含む複数のパターンの図形データの供給を受け、前記図形データを処理して前記パターンの輪郭点の座標を検出する輪郭点検出手段と、

前記パターン同士で輪郭点对を組み合わせ、各輪郭点对を構成する前記輪郭点

間の距離と、前記輪郭点同士を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを各輪郭点対について算出し、算出された前記輪郭点対の前記距離と前記角度との分布図である距離角度分布図を作成する距離角度分布図作成手段と、

作成された前記距離角度分布図に基づいて、前記パターン間での形状の関係、前記パターン間でのサイズの関係および前記パターン間の相対的位置関係の少なくとも一つを評価する評価手段と、
を備えるパターン計測装置。

【請求項 1 7】

前記評価手段は、前記距離角度分布図の特徴点を抽出し、抽出された前記特徴点に基づいて、前記パターン間での形状の関係、前記パターン間でのサイズの関係および前記パターン間の相対的位置関係の少なくとも一つを評価することを特徴とする請求項 1 6 に記載のパターン計測装置。

【請求項 1 8】

前記評価手段は、前記パターン間での形状の関係、前記パターン間でのサイズの関係および前記パターン間の相対的位置関係の少なくとも一つを表現する量として、前記パターンの特定部分間の寸法を算出することを特徴とする請求項 1 6 または 1 7 に記載のパターン計測装置。

【請求項 1 9】

前記複数のパターンは、計測対象パターンと、この計測対象パターンの評価基準となる基準パターンとを含み、

前記距離角度分布図作成手段は、それぞれが共通の基準パターンを含む複数のパターンで一組が構成される複数組のパターンについて前記距離角度分布図を各組毎に作成し、

前記評価手段は、作成された複数の前記距離角度分布図から抽出された前記特徴点に基づいて、各組における前記基準パターンと前記計測対象パターンとの形状の関係、各組における前記基準パターンと前記計測対象パターンとのサイズの関係および各組における前記基準パターンと前記計測対象パターンとの相対的位置関係の少なくとも一つを評価することを特徴とする請求項 1 7 に記載のパターン計測装置。

【請求項 20】

前記複数のパターンは、計測対象パターンと、この計測対象パターンの評価基準となる基準パターンとを含み、

前記距離角度分布図作成手段は、それぞれが共通の基準パターンを含む複数のパターンで一組が構成される複数組のパターンについて前記距離角度分布図を各組毎に作成し、

前記評価手段は、作成された前記距離角度分布図における分布領域同士で演算処理を行なうことにより前記距離角度分布図の特徴量を算出し、算出された前記特徴量に基づいて、各組における前記基準パターンと前記計測対象パターンとの形状の関係、各組における前記基準パターンと前記計測対象パターンとのサイズの関係および各組における前記基準パターンと前記計測対象パターンとの相対的位置関係の少なくとも一つを評価することを特徴とする請求項 16 に記載のパターン計測装置。

【請求項 21】

画像データを含む複数のパターンの図形データの供給を受け、前記図形データを処理して前記パターンの輪郭点の座標を検出する輪郭点検出手段と、

前記パターンの前記輪郭点同士で輪郭点对を組み合わせ、各輪郭点对を構成する前記輪郭点間の距離と、前記輪郭点同士を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを各輪郭点对について算出し、算出された前記輪郭点对の前記距離と前記角度との分布図である距離角度分布図を前記パターンごとに作成する距離角度分布図作成手段と、

前記距離角度分布図の特徴点をそれぞれ抽出し、抽出された前記特徴点に基づいて、前記パターン間での形状の関係、前記パターン間でのサイズの関係および前記パターン間の相対的位置関係の少なくとも一つを評価する評価手段と、を備えるパターン計測装置。

【請求項 22】

画像データを含む複数のパターンの図形データの供給を受け、前記図形データを処理して前記パターンの輪郭点の座標を検出する輪郭点検出手段と、

前記パターンの前記輪郭点同士で輪郭点对を組み合わせ、各輪郭点对を構成す

る前記輪郭点間の距離と、前記輪郭点同士を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを各輪郭点对について算出し、算出された前記輪郭点对の前記距離と前記角度との分布図である距離角度分布図を前記パターンごとに作成する距離角度分布図作成手段と、

各距離角度分布図の特徴量を算出し、算出された前記特徴量に基づいて、前記パターン間での形状の関係、前記パターン間でのサイズの関係および前記パターン間の相対的位置関係の少なくとも一つを評価する評価手段と、
を備えるパターン計測装置。

【請求項 2 3】

前記複数のパターンは、計測の対象となる計測対象パターンを含み、
前記計測対象パターンの評価基準となる基準パターンを前記複数のパターンから選択して設定する基準パターン設定手段をさらに備える請求項 1 6 乃至 1 8、2 1 および 2 2 のいずれかに記載のパターン計測装置。

【請求項 2 4】

前記画像データは、良品のパターンについて得られた画像データを含み、
前記良品のパターンが前記基準パターンとして設定される請求項 2 3 に記載のパターン計測装置。

【請求項 2 5】

前記複数のパターンは、計測対象パターンと、この計測対象パターンの評価基準となる基準パターンとを含み、

前記基準パターンの図形データは、前記計測対象パターンの図形データの取得に先立って予め作成されたデータである、請求項 1 6 乃至 1 8、2 1 および 2 2 のいずれかに記載のパターン計測装置。

【請求項 2 6】

前記評価手段は、前記パターン間での形状の関係として、前記パターン間での形状の差異を表現する量を前記特徴点または前記特徴量に基づいて算出することを特徴とする請求項 1 7 乃至 2 5 のいずれかに記載のパターン計測装置。

【請求項 2 7】

前記基準パターンの図形データは、C A D データまたはシミュレーション計算

結果のデータである請求項 19 乃至 22、25 および 26 のいずれかに記載のパターン計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、パターン計測装置、パターン計測方法、このパターン計測方法を用いる半導体装置の製造方法、プログラムおよびコンピュータ読み取り可能な記録媒体、並びにパターン計測装置に関し、特に画像データ処理を用いたパターン一般の定量的な解析を対象とする。

【0002】

【従来の技術】

パターン一般の計測方法としては、様々な手法が提案され改善されてきている。例えば、半導体集積回路の分野では、半導体の微細パターンを評価するために、CDSSEM (Critical Dimension Scanning Electron Microscope) を用いた寸法計測が実施されている。この寸法計測では、パターンの輪郭線上における二点間の距離が求められるだけであり、得られた寸法計測の結果からパターンの形状を評価するためには、パターンの複数部位の寸法を計測し、それらの計測結果に基づいてパターン形状として定義された量を計算しなければならない。このことを図 25 に示す楕円パターンを例に取り上げて説明する。なお、以下の各図において同一の部分には同一の参照番号を付してその説明を適宜省略する。

【0003】

図 25 に示す例では、楕円パターン HP 50 の縦方向の寸法 a と横方向の寸法 b とがそれぞれ計測され、これらの値、またはこれらの値から一定の演算規則に従って計算される値がパターン形状として出力される。演算規則には、例えば、 $A = \pi a b$ 、 $e = a/b$ 等で与えられる楕円パターンの面積や扁平率がある。このように、一つまたは幾つかの量をパターン形状として定義する場合には、測定者にとって直感的にパターン形状を理解しやすいというメリットがある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述したパターン計測方法では、測定対象パターンの形状が一定の数学式で表現できない場合、正確な形状を表現できないという問題があった。例えば、図 26 のパターン HP 52, HP 54 のように、図 25 の楕円パターン HP 50 と同一の扁平率 e をそれぞれが有するが、互いに面積が異なるパターンも存在する。さらに、図 25 に示す場合は、楕円パターン HP 50 の短軸および長軸が画像の X 軸および Y 軸方向とそれぞれ一致しているが、そうでない場合には、X 軸方向、Y 軸方向の寸法計測で楕円パターンの短径および長径を測定することができないという問題もある。

【0005】

このような問題を解決するためには、パターン径の寸法測定において 0 度、90 度方向の測定方向に加え、例えば ± 45 度方向等に対しても寸法測定を実施する必要がある。しかしながら、計測工程が煩雑になる割にはパターン形状の計測精度が期待通りに向上しない。例えば、0 度から 22.5 度刻みで 180 度まで 8 個所で径の寸法を計測する場合、計測の手間は 8 倍になるにも拘わらず、パターン形状を 16 角形として近似することになり、これでは一般のホールパターン形状の近似としては極めてラフな計測となる。さらに、パターンの形状を評価するためにはパターン形状を等価に表現するパラメーターとして 8 個の計測値に対してそれぞれスペックチェックを実施しなければならないという問題もある。

【0006】

さらに、例えば実際の半導体の製造プロセスにおける微細パターン評価には、例えば穴パターンの直径等により形状を数値的に記述するよりも、正常に形成されたパターン、または隣接する別の穴パターン等を基準として、その差異の度合いを指標として示すだけで必要かつ十分な場合も多い。特に、パターン転写のための露光装置の収差の影響を調べる場合には、隣接したパターンとの形状差を評価することが重要である。上述した従来の方法では、隣接したパターンとの形状差を計測するために、8 方向に計測することによる計測時間の増加に加えて、さらに 2 倍の計測時間が必要になる。

【0007】

このような問題は、計測を実施するコンピュータの CPU (Central Processi

ng Unit) への負荷、計測管理の手間、および計測時間を増大させ、ひいては形状計測のコストが増大する原因の一つとなっている。

【0008】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、広汎なパターンについて、高速かつ高精度でパターンを計測するパターン計測方法、このパターン計測方法を用いる半導体装置の製造方法、プログラムおよびコンピュータ読み取り可能な記録媒体、並びにパターン計測装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明は、以下の手段により上記課題の解決を図る。

【0010】

即ち、本発明の第1の側面によれば、

画像データを含む複数のパターンの図形データを取得するデータ取得手順と、上記図形データを処理して上記パターンの輪郭点の座標を検出する輪郭点検出手順と、上記パターン同士で輪郭点对を組み合わせ、各輪郭点对を構成する上記輪郭点間の距離と、上記輪郭点同士を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを各輪郭点对について算出し、算出された上記輪郭点对の上記距離と上記角度との分布図である距離角度分布図を作成する距離角度分布図作成手順と、作成された上記距離角度分布図に基づいて、上記パターン間での形状の関係、上記パターン間でのサイズの関係および上記パターン間の相対的位置関係の少なくとも一つを評価する評価手順と、を備えるパターン計測方法が提供される。

【0011】

上記第1の側面におけるパターン計測方法によれば、上記パターン同士で輪郭点对を組み合わせることで上記距離角度分布図を作成するので、計測対象パターンの形状を精度良くかつ高速に計測することができる。

【0012】

上記パターン計測方法の実施の一態様において、上記評価手順は、上記距離角度分布図の特徴点を抽出する特徴点抽出手順を含み、上記パターン間での形状の関係、上記パターン間でのサイズの関係および上記パターン間の相対的位置関係

の少なくとも一つは、抽出された上記特徴点に基づいて評価される。

【0013】

上記評価手順は、上記パターン間での形状の関係、上記パターン間でのサイズの関係および上記パターン間の相対的位置関係の少なくとも一つを表現する量として、上記パターンの特定部分間の寸法を算出する手順を含むことが好ましい。これにより、パターンの形状を定量的に評価することができる。

【0014】

上記パターン計測方法において、上記複数のパターンが、計測対象パターンと、この計測対象パターンの評価基準となる基準パターンとを含み、上記距離角度分布図作成手順は、それぞれが共通の基準パターンを含む複数のパターンで一組が構成される複数組のパターンについて上記距離角度分布図を各組毎に作成する手順を含み、上記評価手順は、作成された複数の上記距離角度分布図から抽出された上記特徴点に基づいて、各組における上記基準パターンと上記計測対象パターンとの形状の関係、各組における上記基準パターンと上記計測対象パターンとのサイズの関係および各組における上記基準パターンと上記計測対象パターンとの相対的位置関係の少なくとも1つを評価する手順を含むと良い。

【0015】

これにより、例えば上記距離角度分布図の特徴点を各組毎に比較することにより、計測対象パターンの基準パターンに対する相対的な位置ずれを計測することができる。

【0016】

上記複数のパターンが、計測対象パターンと、この計測対象パターンの評価基準となる基準パターンとを含み、上記距離角度分布図作成手順は、それぞれが共通の基準パターンを含む複数のパターンで一組が構成される複数組のパターンについて上記距離角度分布図を各組毎に作成する手順であり、上記評価手順は、作成された上記距離角度分布図における分布領域同士で演算処理を行なうことにより上記距離角度分布図の特徴量を算出し、算出された上記特徴量に基づいて、各組における上記基準パターンと上記計測対象パターンとの形状の関係、各組における上記基準パターンと上記計測対象パターンとのサイズの関係および各組にお

ける上記基準パターンと上記計測対象パターンとの相対的位置関係の少なくとも1つを評価する手順を含むと良い。

【0017】

これにより、例えばある組み合わせのパターンを基準として他の組み合わせのパターンを評価することができる。

【0018】

また、本発明の第2の側面によれば、

画像データを含む複数のパターンの図形データを取得するデータ取得手順と、上記図形データを処理して上記パターンの輪郭点の座標を検出する輪郭点検出手順と、上記パターンの上記輪郭点同士で輪郭点对を組み合わせ、各輪郭点对を構成する上記輪郭点間の距離と、上記輪郭点同士を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを各輪郭点对について算出し、算出された上記輪郭点对の上記距離と上記角度との分布図である距離角度分布図を上記パターンごとに作成する距離角度分布図作成手順と、上記距離角度分布図の特徴点をそれぞれ抽出し、抽出された上記特徴点に基づいて、上記パターン間での形状の関係、上記パターン間でのサイズの関係および上記パターン間の相対的位置関係の少なくとも一つを評価する評価手順と、を備えるパターン計測方法が提供される。

【0019】

上記第2の側面におけるパターン計測方法によれば、上記距離角度分布図を上記パターンごとに作成してその特徴点を抽出するので、上記パターン間の相対評価を介して計測対象パターンの形状を精度良くかつ高速に計測することができる。

【0020】

また、本発明の第3の側面によれば、

画像データを含む複数のパターンの図形データを取得するデータ取得手順と、上記図形データを処理して上記パターンの輪郭点の座標を検出する輪郭点検出手順と、上記パターンの上記輪郭点同士で輪郭点对を組み合わせ、各輪郭点对を構成する上記輪郭点間の距離と、上記輪郭点同士を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを各輪郭点对について算出し、算出された上記輪郭点对の上記距離と上記

角度との分布図である距離角度分布図を上記パターンごとに作成する距離角度分布図作成手順と、各距離角度分布図の特徴量を算出し、算出された上記特徴量に基づいて、上記パターン間での形状の関係、上記パターン間でのサイズの関係および上記パターン間の相対的位置関係の少なくとも一つを評価する評価手順と、を備えるパターン計測方法が提供される。

【0021】

上記第3の側面におけるパターン計測方法によれば、上記距離角度分布図を上記パターンごとに作成してその特徴量を算出するので、上記パターン間の相対評価を介して計測対象パターンの形状を精度良くかつ高速に計測することができる。

【0022】

上記パターン計測方法において、上記複数のパターンは、計測の対象となる計測対象パターンを含み、上記計測対象パターンの評価基準となる基準パターンを上記複数のパターンから選択して設定する基準パターン設定手順をさらに備えることが好ましい。このように基準パターンを設定することにより、基準パターンとの対比でパターン形状を精度良くかつ高速に計測することができる。例えば、基準パターンとして隣り合うパターンのうちの一つを設定する場合は、これらのパターン間での形状等の相違を定量的に評価することができる。

【0023】

上記画像データは、良品のパターンについて得られた画像データを含み、上記良品のパターンを上記基準パターンとして設定することとしても良い。

【0024】

このように、良品のパターンを基準パターンとして設定する場合は、製品のパターン形状の良否判定を精度良くかつ高速に計測することができる。

【0025】

上述したパターン計測方法の好適な実施の一態様において、上記複数のパターンは、計測対象パターンと、この計測対象パターンの評価基準となる基準パターンとを含み、上記基準パターンの図形データは、上記計測対象パターンの図形データの取得に先立って予め作成されたデータである。

【0026】

上記評価手順は、上記パターン間での形状の関係として、上記パターン間での形状の差異を表現する量を上記特徴点または上記特徴量に基づいて算出する手順を含むこととしても良い。これにより、例えば基準パターンに基づいて様々な計測対象パターンに適切なパラメータを定義することが可能となり、かつ、これらのパラメータを用いて計測対象パターンの形状を精度良くかつ高速に計測することができる。

【0027】

上記パターン計測方法の他の好適な実施態様において、上記基準パターンの図形データは、CADデータまたはシミュレーション計算結果のデータである。このように、CADデータを基準パターンの図形データとして設定する場合は、例えば設計データに対する製品の歪みを定量的に評価することができる。また、シミュレーション計算結果のデータを基準パターンの図形データとして設定する場合は、例えばシミュレーション結果に対する製品の歪みを定量的に評価することにより、シミュレーションの性能自体を定量的に評価することもできる。

【0028】

また、本発明の第4の側面によれば、上述したパターン計測方法を用いる半導体装置の製造方法が提供される。

【0029】

また、本発明の第5および第6の側面によれば、上述したパターン計測方法をコンピュータに実行させるプログラムおよびこのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体が提供される。

【0030】

本発明の第7の側面によれば、

画像データを含む複数のパターンの図形データの供給を受け、上記図形データを処理して上記パターンの輪郭点の座標を検出する輪郭点検出手段と、上記パターン同士で輪郭点对を組み合わせ、各輪郭点对を構成する上記輪郭点間の距離と、上記輪郭点同士を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを各輪郭点对について算出し、算出された上記輪郭点对の上記距離と上記角度との分布図である距離角

度分布図を作成する距離角度分布図作成手段と、作成された上記距離角度分布図に基づいて、上記パターン間での形状の関係、上記パターン間でのサイズの関係および上記パターン間の相対的位置関係の少なくとも一つを評価する評価手段と、
を備えるパターン計測装置が提供される。

【0031】

本発明の第8の側面によれば、

画像データを含む複数のパターンの図形データの供給を受け、上記図形データを処理して上記パターンの輪郭点の座標を検出する輪郭点検出手段と、上記パターンの上記輪郭点同士で輪郭点对を組み合わせ、各輪郭点对を構成する上記輪郭点間の距離と、上記輪郭点同士を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを各輪郭点对について算出し、算出された上記輪郭点对の上記距離と上記角度との分布図である距離角度分布図を上記パターンごとに作成する距離角度分布図作成手段と、上記距離角度分布図の特徴点をそれぞれ抽出し、抽出された上記特徴点に基づいて、上記パターン間での形状の関係、上記パターン間でのサイズの関係および上記パターン間の相対的位置関係の少なくとも一つを評価する評価手段と、を備えるパターン計測装置が提供される。

ことが好ましい。

【0032】

さらに、本発明の第9の側面によれば、

画像データを含む複数のパターンの図形データの供給を受け、上記図形データを処理して上記パターンの輪郭点の座標を検出する輪郭点検出手段と、上記パターンの上記輪郭点同士で輪郭点对を組み合わせ、各輪郭点对を構成する上記輪郭点間の距離と、上記輪郭点同士を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを各輪郭点对について算出し、算出された上記輪郭点对の上記距離と上記角度との分布図である距離角度分布図を上記パターンごとに作成する距離角度分布図作成手段と、各距離角度分布図の特徴量を算出し、算出された上記特徴量に基づいて、上記パターン間での形状の関係、上記パターン間でのサイズの関係および上記パターン間の相対的位置関係の少なくとも一つを評価する評価手段と、を備えるパター

ン計測装置が提供される。

【0033】

上記画像データは、光学的機器または荷電ビーム装置により得られたデータを含む。

【0034】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態のいくつかについて図面を参照しながら説明する。以下の実施形態では半導体の微細パターンを計測する場合についても説明するが、本発明はこの場合に限定されることなく、パターン計測一般の新しい手法として様々な工業分野に適用することができる。また、以下の説明では計測対象であるパターンの画像データとしてCDSSEMから供給されるSEM画像データを適宜取上げて説明するが、これはほんの一例にすぎないものであり、例えばデジタルカメラやスキャナ等の光学機器から取得した画像データに対しても勿論本発明を適用することができる。

【0035】

(A) パターン計測装置の一実施形態

図1は、本発明にかかるパターン計測装置の実施の一形態を示すブロック図である。同図に示すパターン計測装置2は、ワークステーション(EWS)12と、画像処理装置20と、メモリ16と、出力装置18と、入力装置14とを備える。

【0036】

メモリ16は、本発明のパターン計測方法のアルゴリズムが書き込まれたレシピファイルを格納する。

【0037】

ワークステーション12は、本実施形態において評価手段を構成し、メモリ16からレシピファイルを読み出し、このレシピファイルに従って装置全体を制御するとともに、後述する距離角度分布図(以下、DAD図という)から計測目的に応じた特徴点または特徴量などの情報を抽出する他、後述する種々の演算処理を実行する。ワークステーション12はまた、本実施形態において基準パターン

設定手段をも構成し、上述したレシピファイルまたは後述する入力装置 14 を介した操作者の指定等に基づき、計測対象パターンの評価の基準となる基準パターンを設定する。出力装置 18 は、画像処理装置 20 からワークステーション 12 を介して供給された DAD 図を、ワークステーション 12 によって抽出された上記特徴点・特徴量とともにディスプレイなどを用いて表示する。なお、本実施形態では出力装置 18 により DAD 図等を表示することとしたが、DAD 図等は特に表示する必要はなく、これらの情報を後述する画像処理装置 20 の画像メモリ 28 に格納するだけに止めても良い。入力装置 14 は、キーボードやマウス等の入力手段である。

【0038】

画像処理装置 20 は、CPU 22 と画像処理部 24 と画像メモリ制御部 26 と画像メモリ 28 とを含む。

【0039】

画像処理部 24 は、本実施形態において輪郭点検出手段および距離角度分布図作成手段を構成し、例えば CDSSEM または光学機器（図示せず）から供給される画像データを受けて DAD 図の作成などの後述する画像処理を行なう。画像メモリ 28 は、複数の記憶領域を有し、画像メモリ制御部 26 の制御により、計測対象パターンまたは後述する基準画像となる良品パターンの画像データ、基準画像となる CAD データまたはシミュレーション結果の図形データ、および DAD 図のデータをそれぞれ異なる記憶領域に格納する。画像メモリ制御部 26 は、後述する輪郭点对ごとに、輪郭点間距離と、輪郭点对を構成する輪郭点同士を繋いだ直線の X 軸方向に対する角度とに基づいて配列データとして構成し、さらに各 DAD 図のデータにメモリアドレスを付加する。

【0040】

図 1 に示すパターン計測装置 2 の動作について、本発明にかかるパターン計測方法の実施形態として図面を参照しながら説明する。

【0041】

(B) パターン計測方法の実施形態

(1) 第 1 の実施の形態

本発明にかかるパターン計測方法の第 1 の実施の形態について、図 2 に示す二つの隣り合った穴パターンを計測する場合を例にとって説明する。

【0042】

まず、図 2 に示す穴パターン HP 2、HP 4 の画像データがパターン計測装置 2 の画像処理部 24 に供給される。次に、ワークステーション 12 を介したレシピファイルの設定に基づいていずれかの穴パターンが基準パターンとして選択される。本実施形態では、例えば、紙面左側の穴パターン HP 2 を基準パターンとし、紙面右側の穴パターン HP 4 を計測対象パターンとして決定される。なお、基準パターンとしてはいずれのパターンを選択しても良く、例えば穴パターン HP 4 を基準パターンとして選択しても勿論良い。基準パターンの設定は、出力装置 18 による画面表示の後に操作者が選択して入力装置 14 から入力し、これに基づいてワークステーション 12 が設定するようにしても良い。これらの点は、後述する各実施形態においても同様である。ただし、本実施形態ではそもそも基準パターンの選定にこだわる必要はない。

【0043】

次に、画像処理装置 20 は、各パターンについて輪郭線を構成する輪郭点の座標をそれぞれ検出し、穴パターン HP 2 と HP 4 との間で輪郭点同士の全ての組み合わせを取り、各組み合わせにおける穴パターン HP 2 の輪郭点と穴パターン HP 4 の輪郭点との間の距離と、これらの輪郭点を結ぶ直線の任意の軸線、例えば X 軸に対する角度とを算出し、距離角度分布図（以下、DAD 図という）を作成し、画像メモリ制御部 26 を介して画像メモリ 28 に格納するとともに、ワークステーション 12 に供給する。この DAD 図の詳細な作成方法については、特願 2001-89731 号を参照されたい。

【0044】

図 2 に示す穴パターン HP 2 および HP 4 について作成した DAD 図を図 3 に示す。図 3 は、ワークステーション 12 から表示装置 18 により図示しないディスプレイ装置に表示された形態で DAD 図を示したが、実用上は、この DAD 図を計測者に明示する必要はなく、DAD 図のデータは、上述したとおり、画像メモリ制御部 26 により画像処理装置 20 の画像メモリ 28 に送られて展開される

。

【0045】

次に、ワークステーション12は、作成されたDAD図から特徴点を抽出し、この特徴点から二つの穴パターンHP2とHP4との相対的位置関係およびこれらの穴パターン間の形状の差異を示す指標を解析して出力する。本実施形態においては、特徴点として、図3に示すように特徴点A, B, B', C, D, D'が抽出される。特徴点Aは、DAD図上の分布点（輪郭点対）のうちでその距離成分（以下単に「d成分」という）が最小値をとる点であり、特徴点B, B'は、DAD図上でd成分が極大値となる点である。また、特徴点Cは、DAD図上の最大強度点であり、さらに、特徴点D, D'は、DAD図内の $\theta > 0$ および $\theta < 0$ の各領域において、角度成分（以下、単に「 θ 成分」という）の絶対値が最大値となる点である。

【0046】

図4は、特徴点A, B, B', C, D, D'と実際のパターンとの関係を示す説明図である。同図に示すように、特徴点Aのd成分は、実際のパターンにおいて二つの穴パターン間の最小距離に対応する。特徴点B, B'の各d成分は、それぞれ、二つの穴パターン間の最大距離とこれに準ずる距離に対応しており、これらの距離は、二つの穴パターンの形状の差異を表わす指標となる。また、DAD図上の特徴点Cのd成分は、基準パターンHP2に対する測定対象パターンHP4の相対的な位置、即ち、いわゆるピッチに対応している。さらに、DAD図上の特徴点D, D'の各 θ 成分 θ_D , $\theta_{D'}$ は、反時計回りを正の方向とすると、それぞれ、二つの穴パターンに共通する二つの接線がX軸との間でなす角度に対応する。

【0047】

ワークステーション12は、これらの特徴点A, B, B', C, D, D'に基づいて、二つの穴パターンHP2およびHP4間の最小距離、ピッチ、並びに二つの穴パターンに共通する二本の接線の交差角度を算出し、二つのパターン間の相対的位置関係を表わす指標として出力し、かつ、二つの穴パターンHP2およびHP4間の最大距離およびこれに準ずる距離を算出して、これらの穴パターン

間の形状の差異を表現する指標として出力する。

【0048】

このように、本実施形態のパターン計測方法によれば、二つのパターン間の相対的位置関係を表わす指標とこれらのパターン間の形状の差異を表現する指標とを簡単かつ高精度で定量的に測定することができる。特に、これらの指標のうち穴パターンのピッチを測定することは従来非常に困難であったが、本実施形態のパターン測定方法によれば、簡単かつ高精度で測定できる。さらに、例えば上述した任意の軸線として二つの穴パターンを配置するときの設計上の方向に沿った線を設定すれば、二つの穴パターンが設計された方向通りに配置されているかどうか、配置されていない場合は、設計された方向からどの方向へシフトして配置されているかをも DAD 図上の特徴点 C の θ 成分または DAD 図上の特徴点 D, D' の各 θ 成分 θ_D , $\theta_{D'}$ から厳密に算出することができる。また、二つの穴パターンに共通した接線の交差角度の測定は、従来の方法では非常に煩雑な計測であったが、これも本実施形態によれば、極めて簡単かつ高精度に測定することができる。

【0049】

このように、本実施形態によれば、従来非常に長い計測時間を要したために計測コストが高く CPU の負担も大きかった二つのパターン間の形状差や所望の相対的位置関係からの位置ずれ量を低コストで迅速・高精度に測定することができる。

【0050】

(2) 第2の実施形態

以下の第2乃至第7の実施形態では、「パターン形状」の用語をパターンの大きさと形状とを含むものと定義する。

【0051】

上述した第1の実施の形態では、左右のパターン形状に大きさの差がない場合を取り上げて説明したが、本実施形態では、隣り合った左右のパターン形状に大きな差異がある場合を取り上げる。

【0052】

図 5 に示す二つの穴パターン H P 6 および H P 8 については、紙面右側の穴パターン H P 8 を基準図形とすると、紙面左側の計測対象パターン H P 6 は、基準図形 H P 8 よりも大きい。本実施形態では、理解を容易にするために、二つの穴パターン H P 6 および H P 8 は、いずれも真円のパターンであり、互いに相似の関係にあるパターンを取り上げて説明するが、次記する第 3 の実施形態で述べるように、大きさ以外に形状が変化している場合を取り上げても同様の結果が得られる。

【0053】

パターン計測装置 2 の画像処理部 2 4 は、二つの穴パターン H P 6 , H P 8 の画像の供給を受け、パターン H P 6 および H P 8 同士で D A D 図を作成する。図 5 に示す穴パターン H P 6 , H P 8 について前述した第 1 の実施形態と同様の手順により得られた D A D 図を図 6 に示す。ここで、図 6 に示す D A D 図において中央の部分に穴が空いていることに着目されたい。これは、穴パターン H P 6 と H P 8 との大きさの相違に起因する。図 6 中の矢印 A R 2 に沿った強度分布を図 7 に示す。本実施形態では理想的な真円を取り上げて説明しているので、分布の穴の d 軸方向の径は、穴パターン H P 6 の直径と穴パターン H P 8 の直径との差に等しい。

【0054】

参考例として左右の穴パターンが全く同じ形状を有する場合を図 8 に示す。図 9 は、これらの穴パターン H P 1 0 , H P 1 2 について作成した D A D 図を示し、図 1 0 は、図 9 の矢印 A R 4 に沿った強度分布を示す。穴パターン H P 1 0 , H P 1 2 の D A D 図は、図 1 0 に示すように、その中央で分布強度が極大となり、極大値でもある最大値は、第 1 の実施形態値で前述したとおり、穴パターン H P 1 0 , H P 1 2 間のピッチの大きさ (d 成分) とピッチの方向 (θ 成分) に対応する。

【0055】

このように、本実施形態によれば、2つの穴パターンの間の大きさの相違を表わす量を迅速かつ簡単に取得することができる。

【0056】

本実施形態では、二つの穴パターンをそれぞれ別個のパターンとして、これらのパターンのうちいずれかを基準パターンとし、他のパターンを計測対象パターンとしてその形状を評価する方法を説明したが、これ以外の態様として、左右の二つの穴パターンを単一のパターンと捉え、その左右対称性を評価することとしても良い。

【0057】

(3) 第3の実施形態

本実施形態は、計測対象パターンとしてより現実的なパターンに適用できるように、前述した第2の実施形態を拡張させたものである。

【0058】

図11は、真円パターンHP14とランダムに歪んだ円パターンHP16とについて取得した画像を示す図である。ここで、円パターンHP16は、例えば実際に製品として製造された計測対象パターンであり、真円パターンHP14は、例えば良品のパターンであり、ワークステーション12により基準パターンとして設定されたパターンである。

【0059】

画像処理部24により作成された、パターンHP14、HP16同士のDAD図を図12に示す。同図に示すように、輪郭点对としてランダムに歪んだ円パターンの輪郭点を含む場合は、分布の境界がd軸に対して非対称となり、このことから2つの穴パターンの形状に相違点があることが判断できる。図13は、図12内の矢印AR6に沿った強度分布図である。図10との対比によっても、図13において極大点近傍の強度分布が鈍っており、この点に計測対象パターンHP16の歪みが現われていることが分かる。ワークステーション12は、例えばDAD図の分布境界の長さや分布境界内の面積等を算出し、これらの数値を計測対象パターンHP16の定量的な形状指標として出力する。より具体的には、形状を記述する定量的な計測量として、例えば図13の極大点の半値幅等を定義することができる。

【0060】

(4) 第4の実施形態

第1および第2の実施形態では、基準図形が計測対象パターンと同一の画像に含まれている場合について説明したが、本実施形態ではこれとは異なり、基準図形が別個のデータとして予めメモリ16内に格納されている場合について説明する。

【0061】

図14および図15は、測定対象である円パターンHP18と、CADデータとして予めメモリ16に格納された矩形状の基準パターンRP2を示す。CADデータとして示されるパターンRP2は、例えば半導体装置の製造分野において、測定対象パターンと同一層上に形成されたパターンでも、異なる層に形成されたパターンでも良い。異なる層に形成されるパターンの場合は、例えば不可視な層の下層にあるパターンやこれから加工されるべき上層のパターンである場合、例えば電子ビームを用いてもそのパターンの画像を取得することができない。このため、計測対象パターンとCADデータのパターンとの位置合わせは困難である。ここでは、計測の前段階で低倍、即ち、より広範囲の領域で画像を取得できる特徴的な可視パターンと、CADデータで表わされるパターンとの位置合せが実行可能であることが前提となる。

【0062】

図14は、矩形パターンRP2の内部中央に円パターンHP18が配置されている場合を示し、図15は、矩形パターンRP2の内部ではあるがその中央からずれた場所に円パターンHP18が配置されている場合を示す。図16は、これらの矩形パターンRP2と円パターンHP18との間で輪郭点をベアリングした場合のDAD図を示す。これらのDAD図は、ワークステーション12を介してメモリ16から供給された矩形パターンRP2のCADデータと画像メモリ制御部26を介して画像メモリ28から供給された円パターンHP18の画像データとを画像処理部24が処理することにより作成される。図16(a)は、図14に示す矩形パターンRP2および円パターンHP18同士で得られたDAD図を示し、図16(b)は、図15に示す矩形パターンRP2および円パターンHP18同士で得られたDAD図を示す。これらのDAD図の間の相違から円パターンHP18のCADデータパターンに対する相対的な位置ずれを検知することがで

きる。例えば、図16(b)における特徴点EおよびFのd成分は、それぞれ、円パターンHP18とCADデータパターンRP2の内周とのY軸方向の距離(図15のE)、およびX軸方向の距離(図15のF)に対応する。ワークステーション12は、特徴点E、Fのd成分をCADデータパターンから計測対象パターンまでの距離を示す、計測対象パターンのパターン形状の指標として定義して出力する。

【0063】

(5) 第5の実施形態

上述した実施形態では、複数のパターン間、特に基準図形と計測対象パターンとの間で輪郭点对を形成してDAD図を作成したが、本実施形態では、基準図形と計測対象パターンとでそれぞれ別個にDAD図を作成し、作成された複数のDAD図間で特徴点・特徴量を比較するパターン計測方法について説明する。

【0064】

図17は、基準図形と、この基準図形に対して形状変換を施したパターンとをそれぞれのDAD図とともに示す。同図中、(a)は基準図形である矩形パターンSP2、(b)は矩形パターンSP2を紙面右側へ20°傾けた計測対象パターンSP4、(c)は矩形パターンSP2に対して幅を10%広げた計測対象パターンSP6、(d)は矩形パターンSP2を紙面の右上方向に10%シフトさせた計測対象パターンSP8を示す。また、図17の(e)~(h)は、それぞれ(a)~(d)に示す各パターンについて画像処理装置20の画像処理部24により作成されたDAD図である。

【0065】

本実施形態において、ワークステーション12は、各DAD図中でd軸方向の極大値を特徴点として抽出する。これらの極大値は、(a)~(d)に示す各パターンにおいて互いに交差する2本の対角線の長さとその角度にそれぞれ対応する。例えば、(e)に示すDAD図において円枠GおよびH内に示す2つの極大値は、そのd成分が基準図形SP2の各対角線の長さを表わし、また、そのθ成分は、各パターンSP2~SP8の軸線を(a)~(d)に示すX軸とすると、基準図形SP2の各の対角線がX軸方向との間でなす角度をそれぞれ表わす。従

って、ワークステーション12により基準図形SP2のDAD図から2つの極大点の各座標（d成分、 θ 成分）を求め、次に、計測対象パターンのDAD図の中でこれらの極大点に対応する2つの極大点の座標を求めて、これら極大点の座標成分を相互に比較することにより、パターンの歪みや基準図形からの差異を検知することができる。

【0066】

本実施形態のパターン計測方法の利点を従来の技術により直接計測する方法との比較により説明する。従来の技術によれば、特に、計測対象パターンが本実施形態で示した整ったパターンである場合でも、例えば任意の角度だけ歪んだ四角形の各頂点を認識し、これらの位置座標により対角線の長さや角度を計算しなければならなかった。本実施形態によれば、DAD図上のd軸方向の極大点の座標を取得することにより、従来のような煩雑な処理を実行することなく、はるかに短い計算時間で対角線の長さや角度を求めることができ、かつ、CPU22の負荷もはるかに軽くすることができる。

【0067】

さらに、本実施形態のパターン計測方法によれば、取得された画像の画面内で計測対象パターンがどこに位置していても、同一のパターンであれば、必ず同一のDAD図が得られる。即ち、形状の測定に当たって、パターンの平行移動に関する情報は破棄される。例えば、半導体の製造分野において、露光装置により形成されたパターンをCDSEM等により計測する場合、検査装置の位置出し精度の限界から、取得した画面内のパターンの位置にばらつきが生じることがある。本実施形態のパターン計測方法においては、このようなばらつきの影響を一切受けることがない。さらに、計測の対象が静止画像ではなく動画であっても、また、形状を変化させながら画面内を自由に平行移動していくパターンであっても、その動画の1フレーム内でDAD図を作成することさえできれば、静止画像と何ら変わりにくく対象パターンの形状を瞬時に測定することができる。

【0068】

（6）第6の実施形態

本実施形態の特徴は、基準図形に対する測定対象パターンの相対位置関係と形

状の差異とを表現する特徴量としてDAD図の面積を用いる点にある。一般に、デジタル画像処理技術の分野においては、面積は対象領域内の総ピクセル数として定義される。しかしながら、本実施形態においては、総ピクセル数に代えて、領域内に存在する分布点の数、またはこれに度数の重みを加味した輪郭点对の数を用いても良い。

【0069】

図18は、互いに異なる直径を有し、かつ、同心円をなすように配置された2つの円パターンHP22およびHP24を示す。図19は、画像処理装置24により、これら円パターン間でペアリングされた輪郭点对で作成されたDAD図を示す。図19中の符号BDN2は、DAD図内における分布の境界線を示し、この境界線BDR2で囲まれた矩形領域が図18に示す一組のパターンと等価になっている。

【0070】

図20は、図18に示すパターンのうち円パターンHP22の中心をずらすことにより外側の円パターンHP24と中心が一致しないように配置された一組のパターンを示す。図20に示す一組のパターンについて作成したDAD図を図21に示す。ここで、図21における分布の境界線BDR4で囲まれた領域から図19のBDR2で囲まれた領域を引くと、図22に示す領域TR21-19が残る。このような領域の差をとる処理は、より具体的には、画像処理装置24が各DAD図の分布領域内のピクセル全てに1を持たせて2値化を実行し、ワークステーション12がこれら2値化された2つの画像間で画像減算処理を実行することにより可能である。図22に示す領域TR21-19の面積が図18のパターンと図20のパターンとの差異を表わし、図22の領域TR21-19の面積を算出することにより、図18の一組のパターンを基準として図20の一組のパターン形状を評価することができる。減算の結果に残存する領域の面積が0であれば、二組のパターンが相互に一致していることになる。本実施形態の場合、図19の分布領域が図21の分布領域内に含まれていたために、その差が全て正の値を有することになったが、領域の差を取った結果によって、負の値（－）が発生する場合には、その絶対値をとっても良いし、正の値を有する面積（ピクセル）

と負の値を有する面積（ピクセル）との二つの値を別々に出力または表示しても良い。

【0 0 7 1】

（7）第7の実施形態

本実施形態のパターン計測方法の特徴は、二つ以上のパターンを比較してこれらのパターン同士の相似度を評価する点にある。このような評価の対象となる複数パターンの例を図23に示す。同図中（a）は設計データによる基準図形OPを示し、（b）～（f）は、設計データに基づいて製造された製品のパターンTP2～TP12をそれぞれ示す。なお、ここで「製品」には半導体装置を含むが、これに限定されるものではなく、製品一般を表わすものと理解されたい。

【0 0 7 2】

図24（a）～（f）は、それぞれ、図23（a）～（f）に示す各パターンについて画像処理部24により作成されたDAD図を示す。ワークステーション12は、これらのDAD図同士で二次元相関値を計算することにより、もとのパターン同士の相似度を評価する。図24（a）のDAD図を基準とする図24（b）～（f）の二次元相関値をRとして図23の各パターンに表示した。図23において各二次元相関値Rとともに各パターンを比較すると明らかなように、製品の形状が設計データから歪んでいくに従って、Rの値が1から小さくなっていくことが分かる。ここで、設計データからの歪みをモニタするために、例えばR＝0.7を閾値として選択して予めメモリ16内のレシピファイルに格納し、これ以下のものをワークステーション12が不良品と判定することにより、製品の容易かつ迅速な形状検査が可能になる。図23に示す例では、（a）の設計データ通りに製造された製品は勿論のこと、（b）と（c）に示すパターンTP2，TP4が良品であり、（d）～（f）にそれぞれ示すパターンTP8，TP10，TP12が不良品であると判定することができる。本実施形態では、計測対象物の形状そのものは詳細に把握できないが、製品のパターン形状における設計パターンからの歪み度合いを定量的にかつ高速に評価することが可能である。

【0 0 7 3】

また、設計データを基準図形として設定し、設計データに対する製品の歪みを

定量的に評価することとは逆に、シミュレーションの結果を基準図形として設定し、シミュレーション結果に対する製品の歪みを定量的に評価することにより、シミュレーションの性能自体を定量的に評価することもできる。

【0074】

DAD図間で相関値を計算する場合に、例えば画像処理部24によりDAD図の規格化処理を実行しても良い。即ち、DAD図内で輪郭点对を示している点の総数を、例えば1000個と規定し、DAD図にこれを超える数量の輪郭点对の点が存在する場合は、例えばそれをランダムに間引くことによって常に一定数の輪郭点对で構成されるDAD図を作成することができる。通常、DAD図は1000個を大きく超える輪郭点对による点から形成されているが、仮に点の数が1000個以下の場合は規格化ができなかったことを、ワークステーション12が例えばアラームメッセージ等により出力装置18を介して計測者に知らせることも可能である。この場合、計測者は閾値を引き下げて再度規格化処理を実行すれば良く、このような手順を予めレシピファイルに組み込み、画像処理に含めて自動的に実行しても良い。また、ランダムでなく一定の規則に従って点を間引いても良い。例えば、点の密度が低いところから順に間引いていくことも可能で、このような規則による規格化を行うことでDAD図の強度分布をより強調することができる。

【0075】

DAD図を用いなくて実画像で直接二次元の相関を計算することも勿論可能ではあるが、その値はパターンの位置に大きく依存するため、実用性ある値とはならない。本実施形態によれば、DAD図を用いたパターン計測方法により画像内におけるパターンの位置に依存することなく、各パターン間の相関値を算出することができる。

【0076】

(C) 半導体装置の製造方法

上述したパターン計測方法を半導体装置の製造に用いることにより、半導体微細パターンの形状を高速・高精度でかつ定量的に評価・計測できるので、TAT (Turn Around Time) を短縮できる上、製品の歩留まりをより一層高めることが

できる。

【0077】

(D) プログラムおよび記録媒体

上述したパターン計測方法の一連の手順は、プログラムに組み込んで画像データ処理可能なコンピュータに読込ませて実行させても良い。これにより、本発明にかかるパターン計測方法を汎用コンピュータを用いて実現することができる。また、上述したパターン計測方法の一連の手順をコンピュータに実行させるプログラムとしてフレキシブルディスクやCD-ROM等の記録媒体に収納し、コンピュータに読込ませて実行させても良い。これにより、本発明にかかるパターン計測方法を汎用コンピュータを用いて実現することができる。記録媒体は、磁気ディスクや光ディスク等の携帯可能なものに限定されず、ハードディスク装置やメモリなどの固定型の記録媒体でも良い。また、上述したパターン計測方法の一連の手順を組み込んだプログラムをインターネット等の通信回線（無線通信を含む）を介して頒布しても良い。さらに、上述したパターン計測方法の一連の手順を組み込んだプログラムを暗号化したり、変調をかけたり、圧縮した状態で、インターネット等の有線回線や無線回線を介して、または記録媒体に収納して頒布しても良い。

【0078】

【発明の効果】

以上詳述したとおり、本発明は、以下の効果を奏する。

【0079】

即ち、本発明によれば、パターンの形状を高い精度でかつ高速に測定することができる。また、基準図形としてCADデータや良品のパターンを設定する場合は、製品のパターン形状の良否判定を高い精度でかつ高速に評価することができる。さらに、基準図形としてシミュレーション結果を用いる場合は、製品のパターン形状からシミュレーションの性能を定量的に評価することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明にかかるパターン計測装置の実施の一形態を示すブロック図である。

【図 2】

隣り合った二つの穴パターンの一例について取得した画像を示す図である。

【図 3】

図 2 に示す二つの穴パターンについて作成した D A D 図を示す。

【図 4】

図 3 に示す D A D 図から抽出された特徴点と実際のパターンとの関係を示す説明図である。

【図 5】

パターン形状に大きさの差がある二つの穴パターンについて取得した画像を示す図である。

【図 6】

図 5 に示す二つの穴パターンについて作成された D A D 図を示す。

【図 7】

図 6 内の矢印に沿った強度分布を示す図である。

【図 8】

全く同一の形状を有する 2 つの穴パターンについて取得した画像を示す図である。

【図 9】

図 8 に示す二つの穴パターンについて作成された D A D 図を示す。

【図 1 0】

図 9 内の矢印に沿った強度分布を示す図である。

【図 1 1】

真円の基準パターンと歪んだ形状の円パターンについて取得した画像を示す図である。

【図 1 2】

図 1 1 に示す 2 つの穴パターンについて作成された D A D 図を示す。

【図 1 3】

図 1 2 内の矢印に沿った強度分布を示す図である。

【図 1 4】

CADデータとして予め登録された矩形状の基準パターンと、その内部中央に配置される円パターンとを示す図である。

【図 15】

CADデータとして予め登録された矩形状の基準パターンと、その内部中央からずれた場所に配置される円パターンとを示す図である。

【図 16】

(a) は、図 14 に示す矩形パターンおよび円パターン間で得られたDAD図を示し、(b) は、図 15 に示す矩形パターンおよび円パターン間で得られたDAD図を示す。

【図 17】

基準図形と、基準図形に対して形状変換を施したパターンとをそれぞれのDAD図とともに示す図である。

【図 18】

互いに異なる直径を有し、かつ、同心円をなすように配置された2つの円パターンの例を示す図である。

【図 19】

図 18 に示す円パターン間でペアリングされた輪郭点对で作成されたDAD図を示す。

【図 20】

互いに異なる直径を有し、かつ、中心が一致しないように配置された2つの円パターンの例を示す図である。

【図 21】

図 20 に示す円パターン間でペアリングされた輪郭点对で作成されたDAD図を示す。

【図 22】

図 21 の分布境界線内の領域から図 19 の分布境界線内の領域を減算した残部の領域を示す図である。

【図 23】

(a) は、設計データによる基準画像の一例を示し、(b) ~ (f) は、設計

データに基づいて製造された製品の具体的パターンの例を示す図である。

【図 2 4】

図 2 3 (a) ~ (f) に示すパターンの D A D 図をそれぞれ示す。

【図 2 5】

従来の技術によるパターン計測方法を説明するための楕円パターンの一例である。

【図 2 6】

従来の技術によるパターン計測方法の問題点を説明するための楕円パターンの他の例である。

【符号の説明】

2 パターン計測装置

1 2 ワークステーション

1 4 入力装置

1 6 メモリ

1 8 出力装置

2 0 画像処理装置

2 2 C P U

2 4 画像処理部

2 6 画像メモリ制御部

2 8 画像メモリ

A, B, B', C, D, D', E, F, G, H 特徴点

HP 2, HP 4, HP 6, HP 8, HP 10, HP 12, HP 14, HP 16,

HP 18, HP 22, HP 24 穴パターン

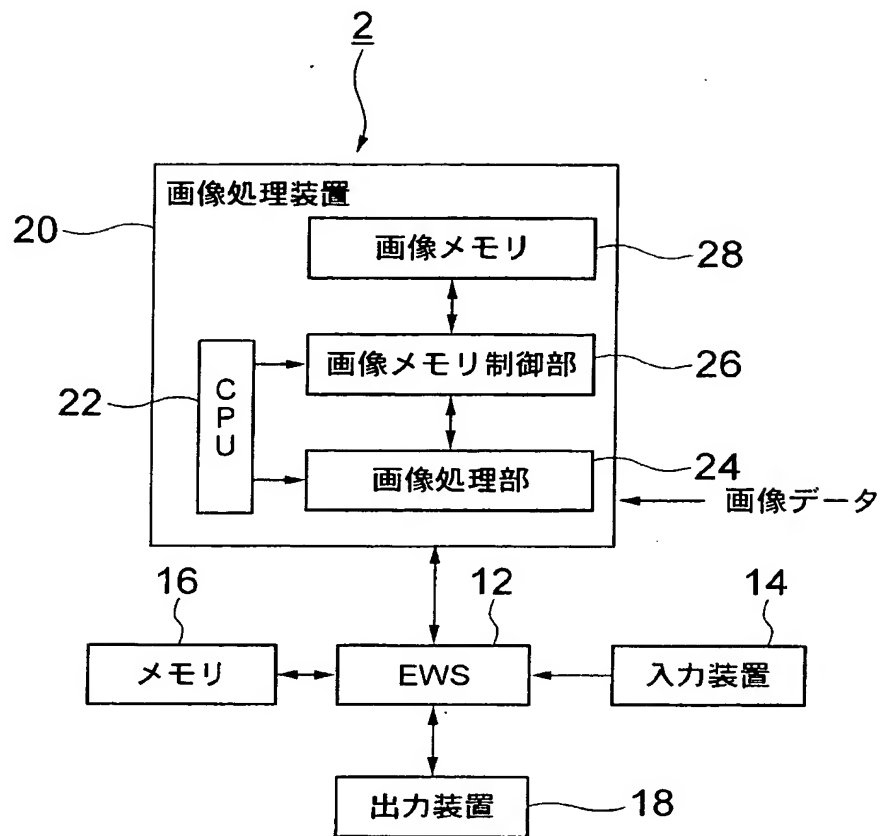
OP CADデータのパターン

SP 2, SP 4, SP 6, SP 8 矩形パターン

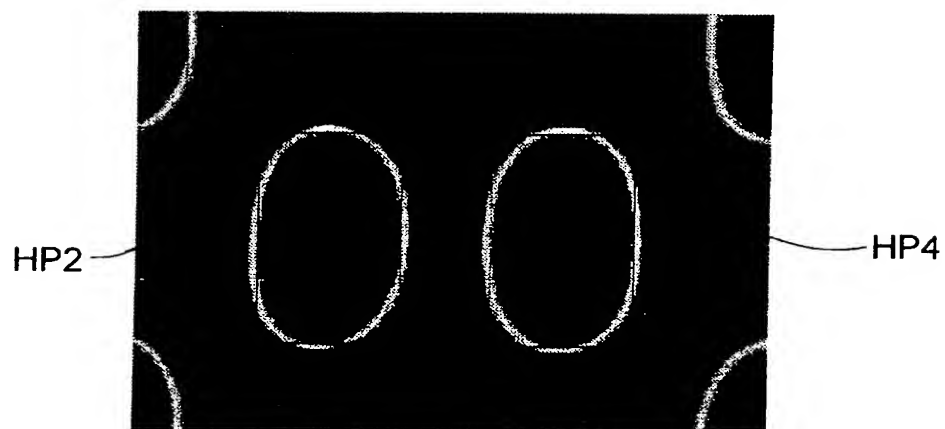
TP 2, TP 4, TP 6, TP 8, TP 10, TP 12 実際の製品パターン

【書類名】 図面

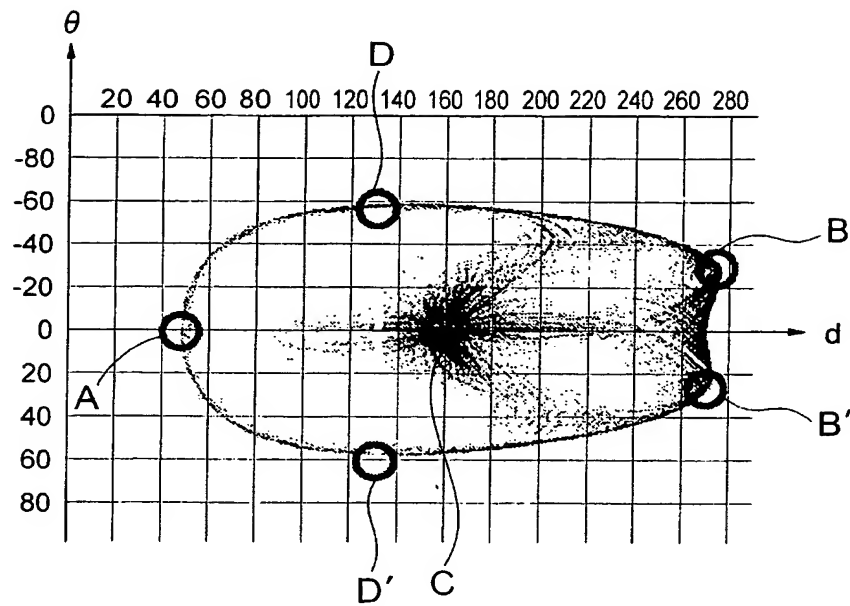
【図 1】



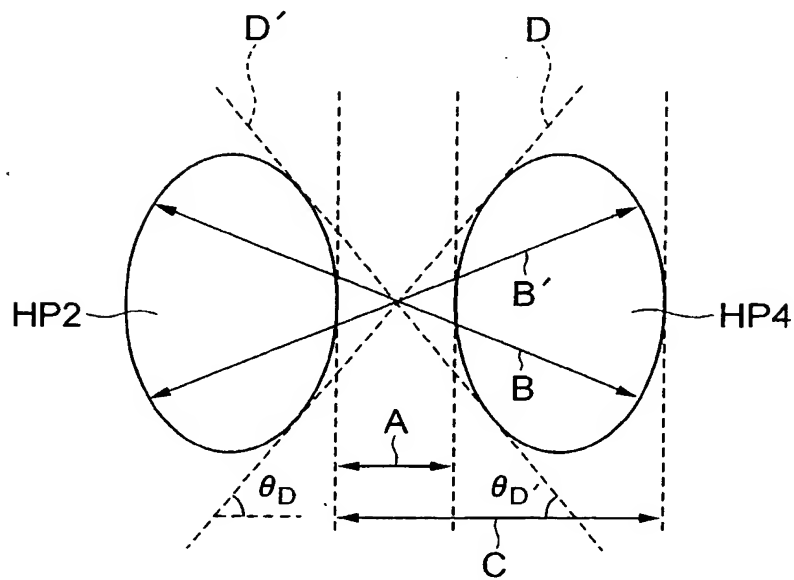
【図 2】



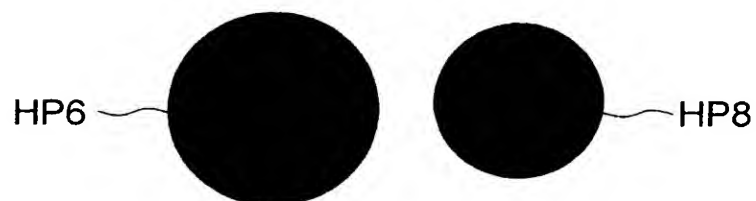
【図 3】



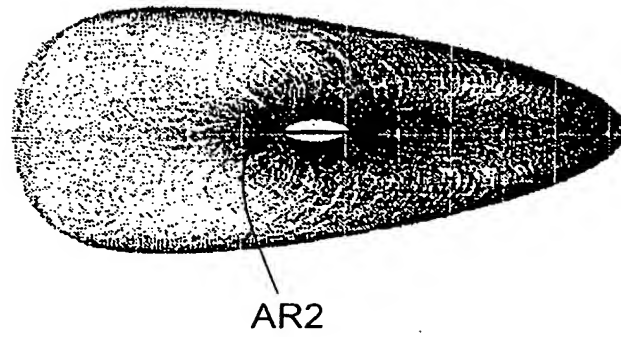
【図 4】



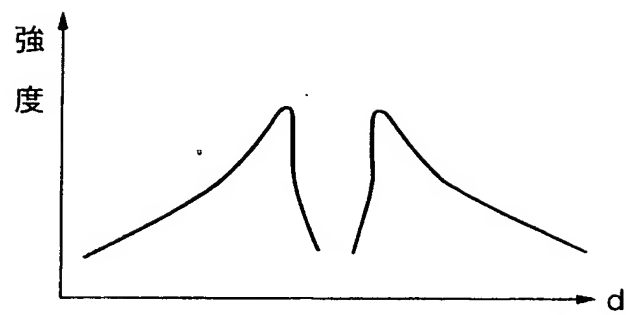
【図 5】



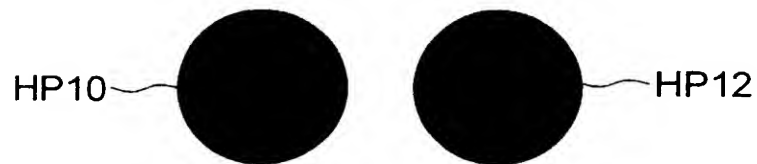
【図 6】



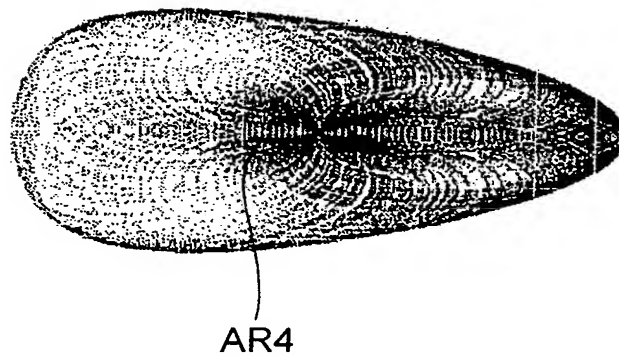
【図 7】



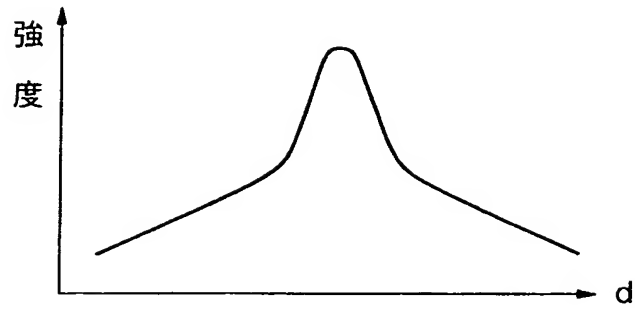
【図 8】



【図 9】



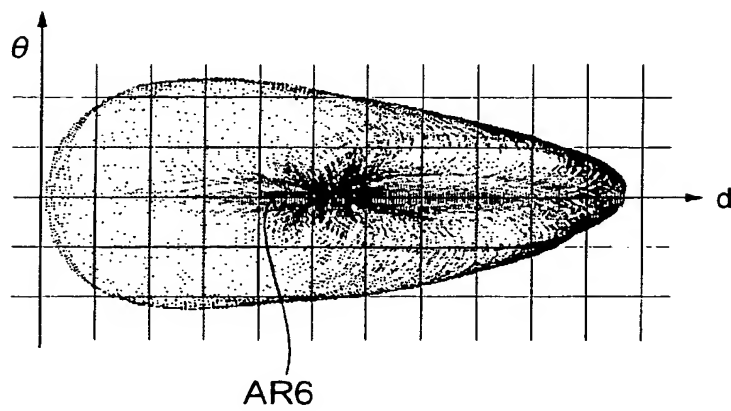
【図 10】



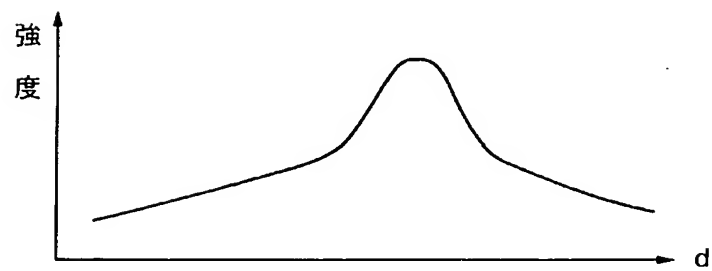
【図 11】



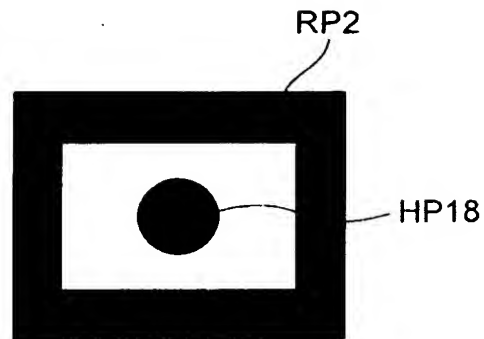
【図 12】



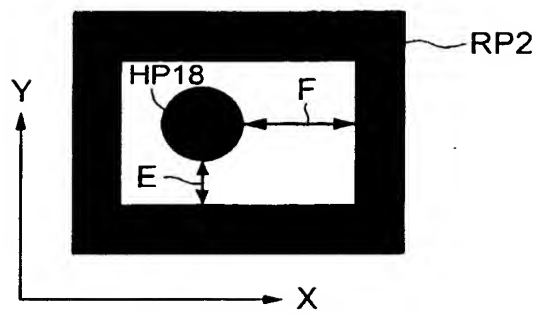
【図 13】



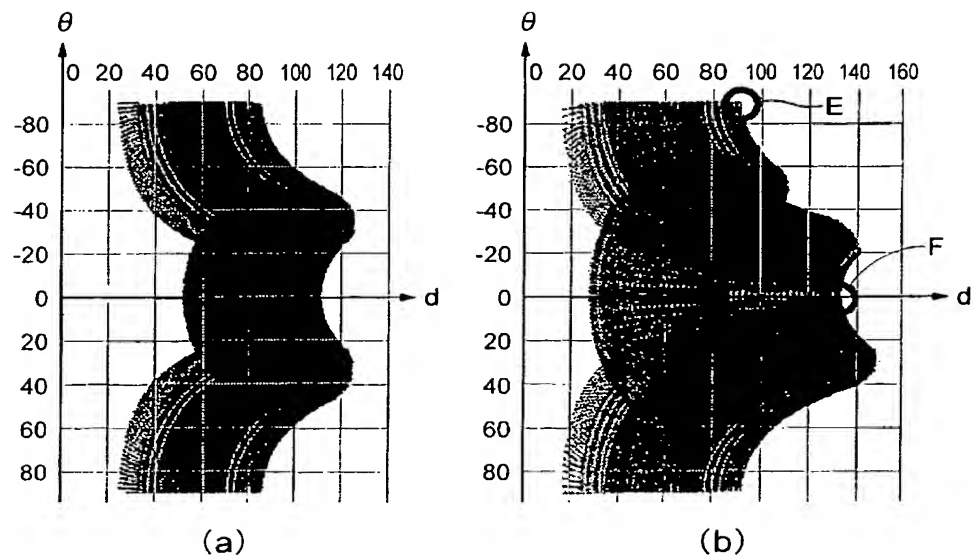
【図 14】



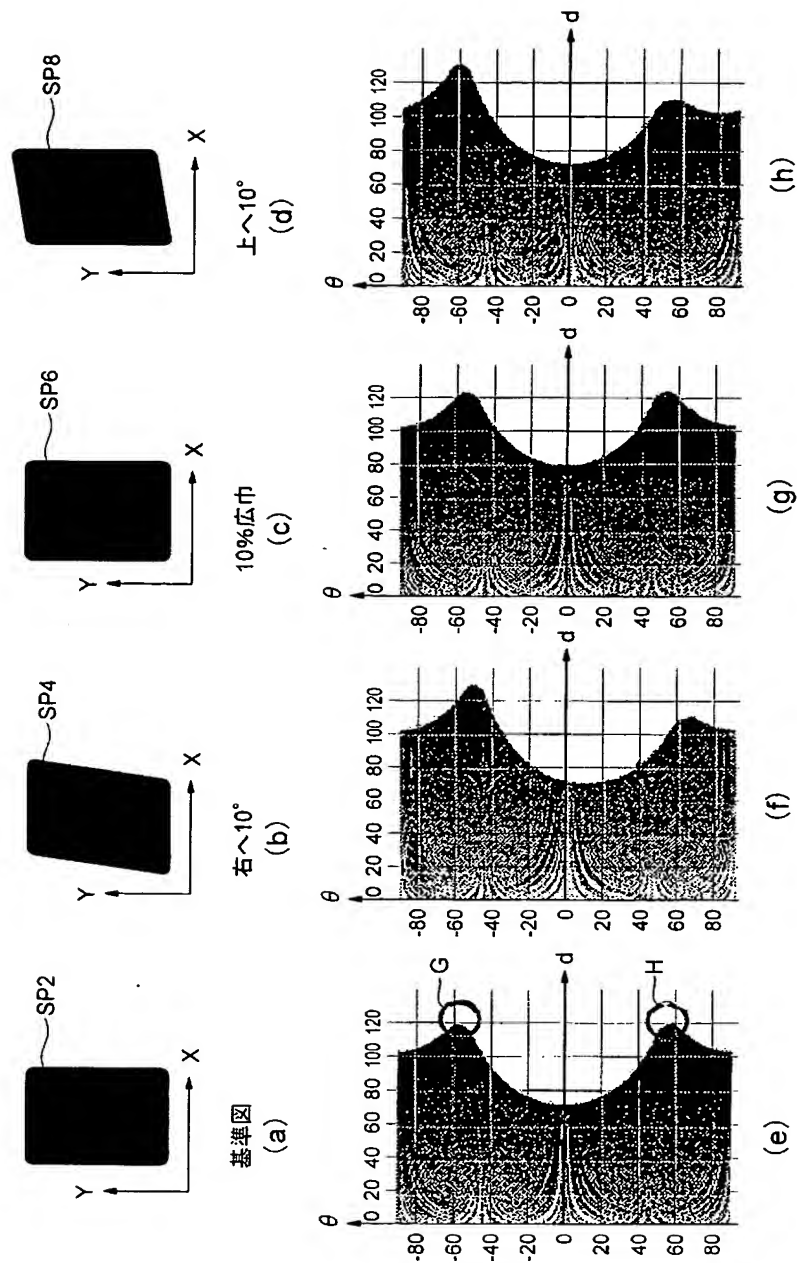
【図 15】



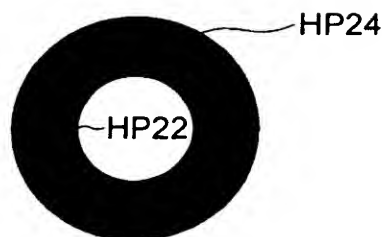
【図 16】



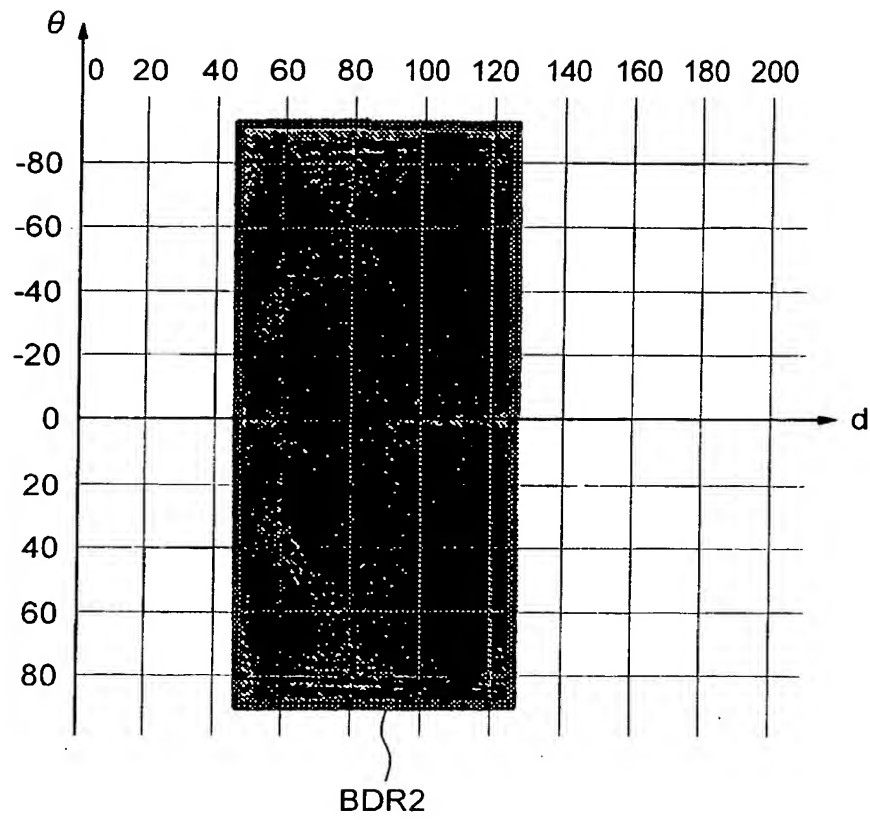
【図17】



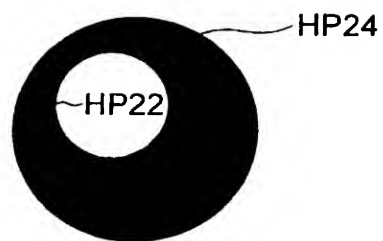
【図18】



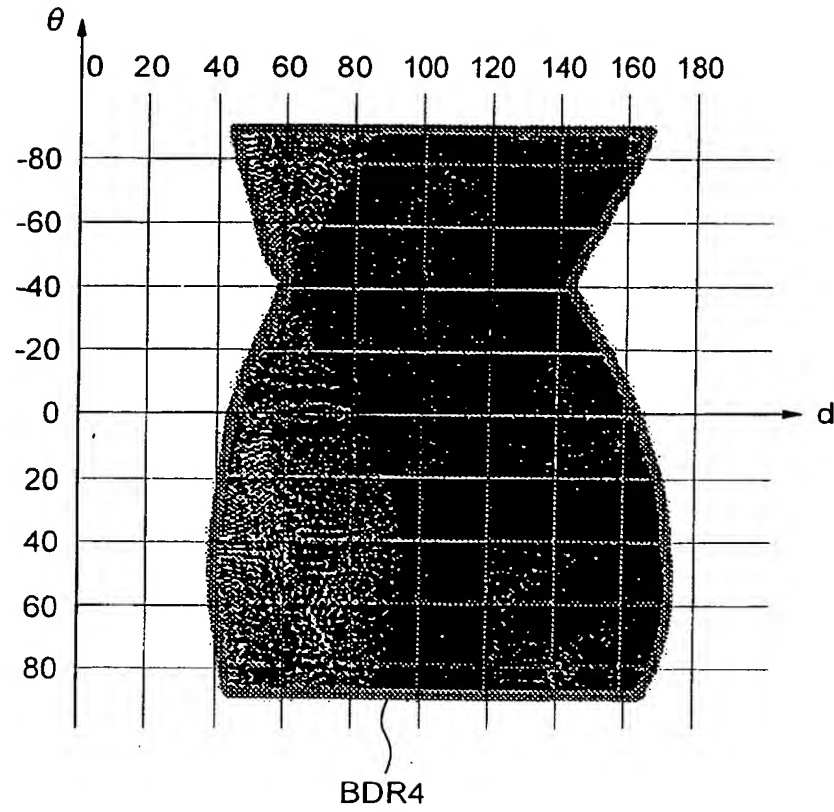
【図 19】



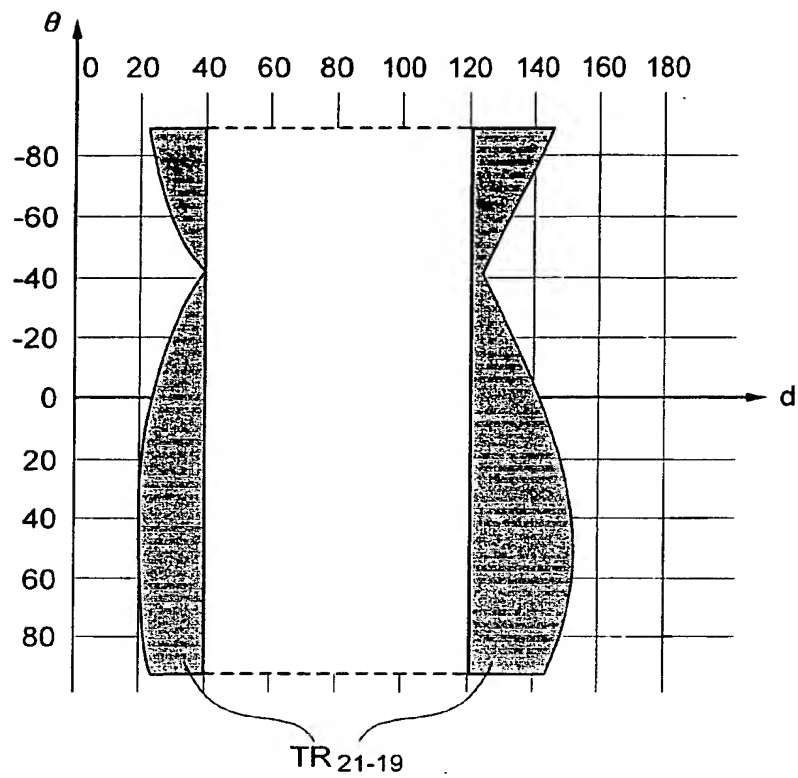
【図 20】



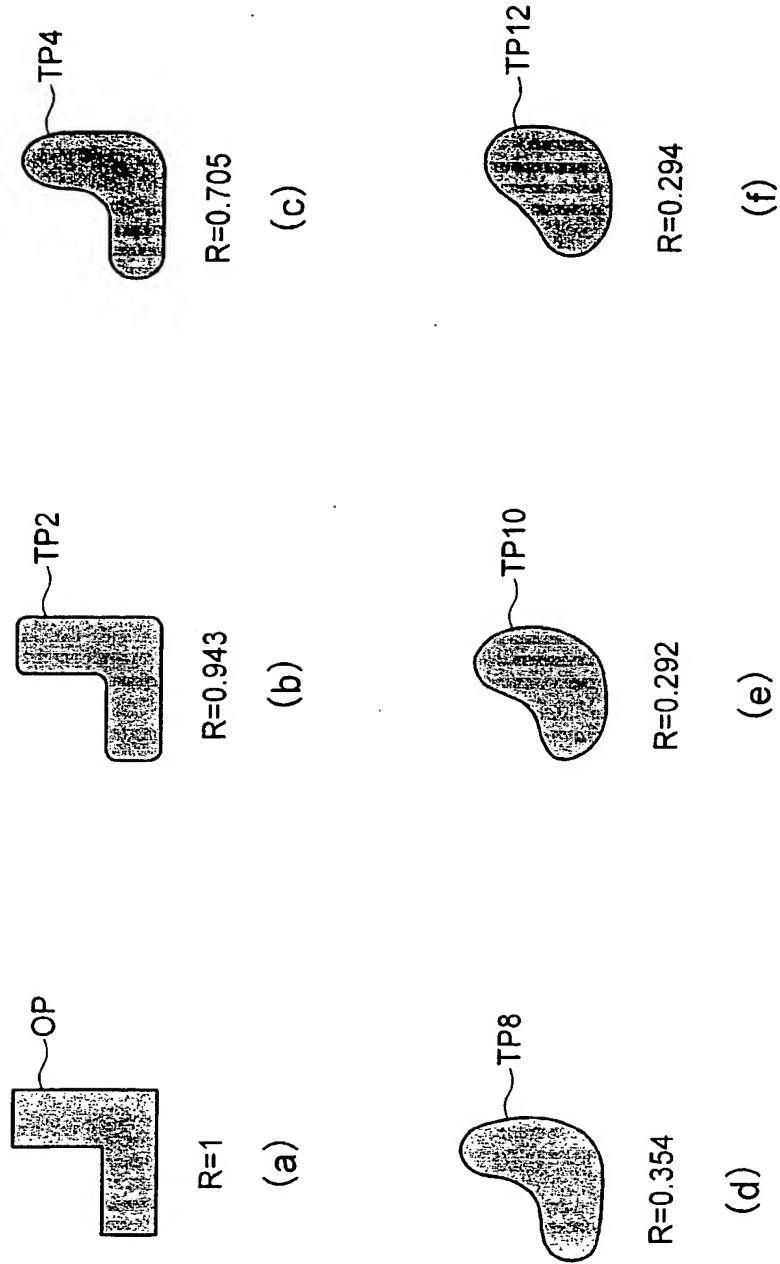
【図 21】



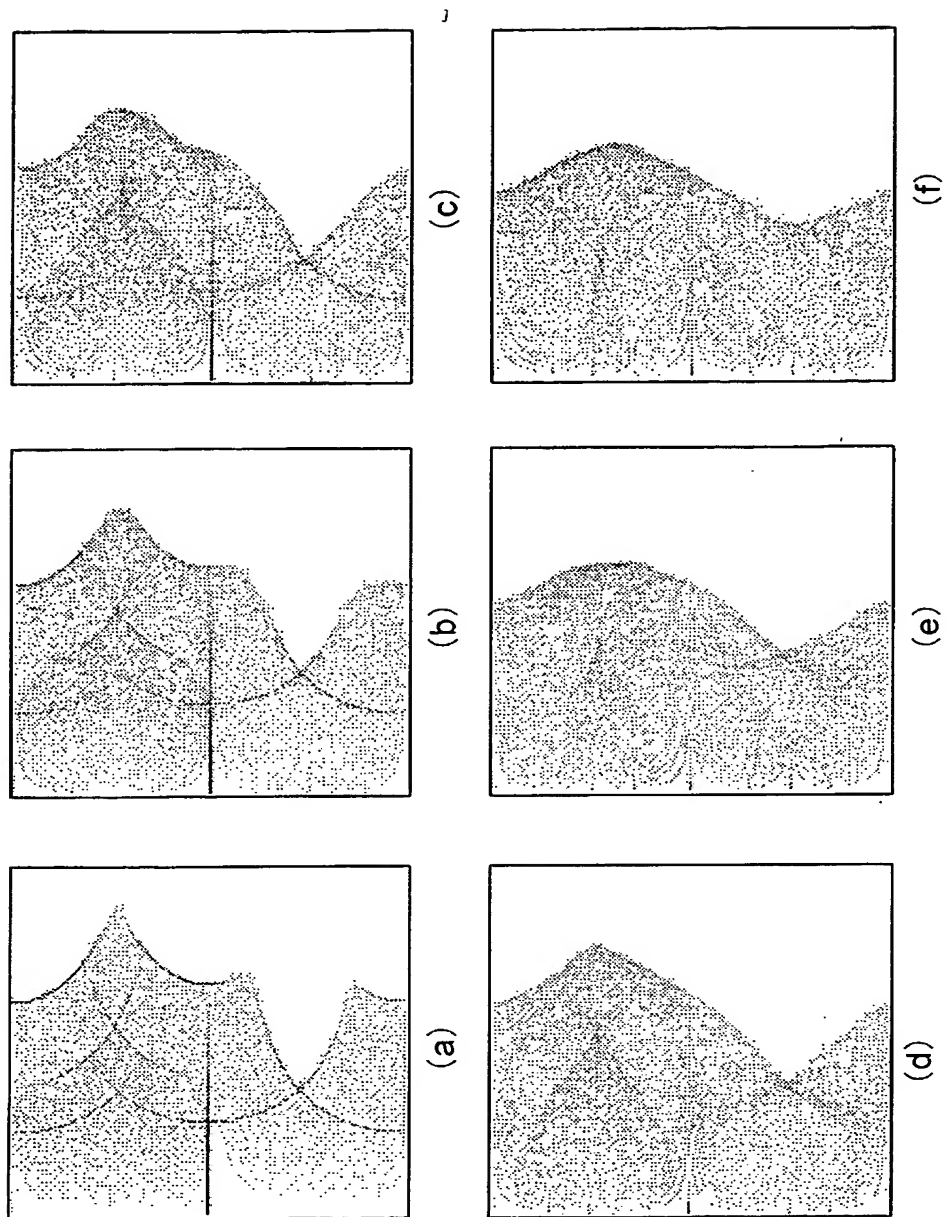
【図 22】



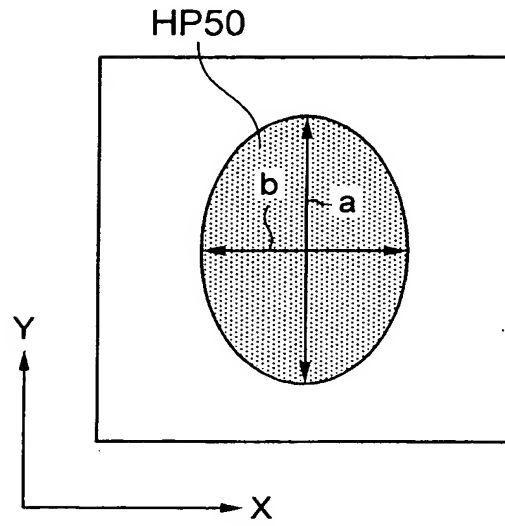
【図 23】



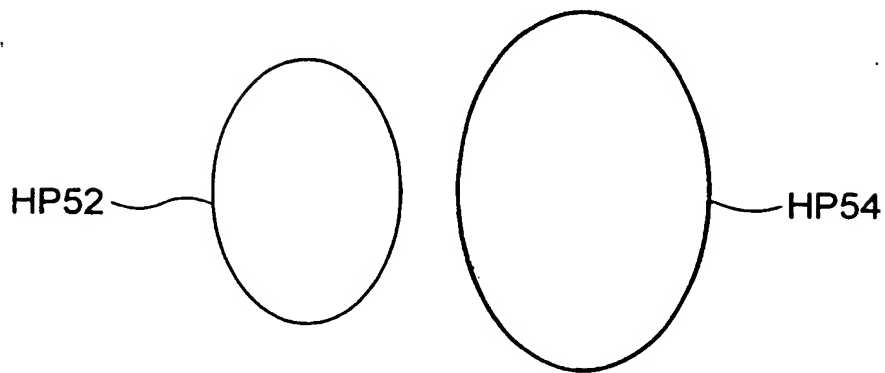
【図 24】



【図 25】



【図 26】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高速かつ高精度でパターンを計測する装置、方法等を提供する。

【解決手段】 画像データを含む複数のパターンHP2, HP4の図形データを取得し、これらの図形データを処理してパターンHP2, HP4の輪郭点の座標を検出し、各パターン間で輪郭点对を組み合わせ、各輪郭点对を構成する輪郭点間の距離と、これらの輪郭点同士を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを各輪郭点对ごとに算出し、算出された上記輪郭点对の上記距離と上記角度との分布図であるDAD図を作成し、このDAD図の特徴点A, B, B', C, D, D'を抽出し、これらの特徴点に基づいて、パターンHP2, HP4間での形状の関係、パターンHP2, HP4間でのサイズの関係およびパターンHP2, HP4間の相対的位置関係の少なくとも一つを評価する。

【選択図】 図3

特願 2002-281572

出願人履歴情報

識別番号

[000003078]

1. 変更年月日 2001年 7月 2日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号
氏 名 株式会社東芝
2. 変更年月日 2003年 5月 9日
[変更理由] 名称変更
住所変更
住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号
氏 名 株式会社東芝